

⑩ 日本国特許庁 (JP)  
⑫ 公開特許公報 (A)

⑪ 特許出願公開  
昭59—147322

⑨ Int. Cl.<sup>3</sup>  
G 02 F 1/03

識別記号

庁内整理番号  
7448—2H

⑬ 公開 昭和59年(1984)8月23日

発明の数 1  
審査請求 未請求

(全 5 頁)

⑭ 光変調素子

⑯ 特 願 昭58—20612  
⑯ 出 願 昭58(1983)2月10日  
⑯ 発 明 者 川口隆夫  
門真市大字門真1006番地松下電  
器産業株式会社内  
⑯ 発 明 者 足立秀明  
門真市大字門真1006番地松下電  
器産業株式会社内  
⑯ 発 明 者 瀬恒謙太郎

門真市大字門真1006番地松下電  
器産業株式会社内  
⑯ 発 明 者 黄地謙三  
門真市大字門真1006番地松下電  
器産業株式会社内  
⑯ 発 明 者 和佐消孝  
門真市大字門真1006番地松下電  
器産業株式会社内  
⑯ 出 願 人 松下電器産業株式会社  
門真市大字門真1006番地  
⑯ 代 理 人 弁理士 中尾敏男 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

光変調素子

2. 特許請求の範囲

- (1) 少なくとも1本の入力光導波路をY分岐により2本の制御光導波路に分岐し、所定の間隔において上記2本の制御光導波路を平行に保持し、他端において再びY分岐により1本の出力光導波路に連結する光導波路と、少なくとも上記制御光導波路のいずれかに設けた位相制御電極とを有し、上記光導波路を、基板上に設けたPLZT系薄膜の表面に凸部からなるリッジ部を設けて構成したことを特徴とする光変調素子。
- (2) 基板がサファイヤ(α-アルミナ)C面基板であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光変調素子。
- (3) PLZT系薄膜が少なくとも鉛、チタンおよびランタンの酸化物からなり、かつ鉛(Pb)とチタン(Ti)のモル比率Pb/Tiが

$$0.66 < \text{Pb}/\text{Ti} < 0.90$$

の範囲にあることを特徴とする特許請求の範囲

第1項記載の光変調素子。

3. 発明の詳細な説明

産業上の利用分野

本発明は、光変調素子に関するものであり、特にPLZT系薄膜からなる光集積回路用の光変調素子に関する。

従来例の構成とその問題点

光変調素子として、マツハツエンダ型が知られている。従来、この種の光変調素子はTi拡散型LiNbO<sub>3</sub>光導波路により構成されていた。このTi拡散型LiNbO<sub>3</sub>光導波路において、Y分岐させた一方の導波路を伝搬する光を電気光学効果により位相変調を行い、再びY分岐により1本の導波路に戻すことによる光の干渉効果により強度変調をしている。

しかし、上記Ti拡散型LiNbO<sub>3</sub>光導波路では、伝搬光の他の光学素子との結合および素子寸法の微細化の困難なグレイテッドインデックス構造(屈折率が光導波路周辺領域においておよそ2次

間散的に屈折率分布を変化させる構造)からなる単一モードでなければモード変換が大きいため光伝搬損失が増加し、又変調度も大きくとることができなかった。さらに、例えば半導体の個別部品であるP-N族からなる光検出用のダイオードを集積化することはできないという欠点を有していた。又、微小光学部品、例えばマイクロレンズ、プリズムなどを形成するのも、1100℃の高温での熱処理における拡散処理のため導波路の境界が広がり微小化は難しく、高密度の光デバイス例えば光IC用基板としては実用性に欠けるという欠点があった。

本発明者は、この種の光変調素子にPLZT系薄膜光導波路を用いることにより、従来光変調素子の欠点を除去することに成功し、新規な光変調素子を発明した。

#### 発明の目的

本発明は、光検出素子との一体化が可能で、微小化、集積化が容易な光変調素子を得るものである。したがって、本発明は薄膜光導波路からなる

光変調素子の構造と構成材料を提供するものである。特に本発明はPLZT薄膜光導波路からなる光変調素子の構造と構成材料を提供するものである。

#### 発明の構成

本発明は1本の入力光導波路をY分岐により2本の制御光導波路に分岐し、所定の間隔において上記2本の制御光導波路を平行に保持し、他端において再びY分岐により1本の出力光導波路に連結する光導波路と、上記制御光導波路のいずれかに設けた位相制御電極とからなる光変調素子において、上記光導波路を基板表面上に設けたPLZT系薄膜の凸部からなるリッジ部にて形成した光変調素子であり、さらに望ましくは、基板がサファイヤ(α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)系薄膜よりなり、PLZT系薄膜が少なくとも鉛、チタンおよびランタンの氧化物からなり、かつ鉛(Pb)とチタン(Ti)のモル比率Pb/Tiが

$$0.65 < \text{Pb}/\text{Ti} < 0.80$$

の範囲にある。

#### 実施例の説明

以下本発明の実施例について図面を参照して説明する。第1図および第2図は本発明にかかる光変調素子の要部平面構造ならびに上記変調素子を構成する光導波路の要部断面図である。なお、第1図ではバンプ部を省略しており、第2図は第1図のX-X線部の断面を示す。同図において、本発明にかかる光変調素子は少なくとも1本の入力光導波路111をY分岐112により2本の制御光導波路113に分岐し、所定の間隔において上記2本の制御光導波路113を平行に保持し、他端において再びY分岐114により1本の出力光導波路115に連結する光導波路11と少なくとも上記制御光導波路113のいずれかに位相制御電極12を設けた光調素子10において、上記光導波路を、基板21上に設けたPLZT系薄膜22の要部に凸部からなるリッジ部221を設けて形成したことを特徴としている。

発明者らはこの構造において従来の光変調素子におけるグレイテッドインデックス構造で単一モ

ードであるのと異なり、PLZT系薄膜でリッジ部の有する光導波路構造でもモード変換も少なく又光伝搬損失の少ないため光変調素子として実用できることを見出し、これらの発見にもとづいて本発明にかかる光変調素子が実現できた。

すなわち、第1図および第2図に示したように、本発明は従来の光変調素子におけるグレイテッドインデックス構造のTi-拡散型LiNbO<sub>3</sub>光導波路と異なり、通常光導波路として用いられる膜厚0.1~2μmのPLZT系薄膜で、光導波路幅3~30μm、リッジ部と周辺部との膜厚さすなわちステップ高がリッジ部PLZT系薄膜の1/4以下の構造でマルチモード光導波路を形成しても、モード変換は問題なく光伝搬損失も20dB/cm以下(波長1.06μm)で素子として充分実用できることを発明者らは見出し、これらの発見に基づいて本発明にかかる光変調素子が実現できた。その光変調度は90%以上で実用上問題なく、くわえてマルチモードであるために他の光学部品との結合も容易であることを確認した。この場合ステッ

高がリッジ部 P L Z T 系薄膜の  $\frac{1}{4}$  以上あるいは光導波路幅  $3\mu\text{m}$  未満では光伝搬損失が  $20\text{dB/cm}$  を超え、又光導波路幅  $30\mu\text{m}$  を超える場合は素子寸法が大きくなり且つ制御電極ギャップも広がるため動作電圧が高くなり実用的でない。

さらに、上記構造では熱拡散による光導波路の広がりがないために微小なマイクロレンズを容易に組み込むことができることを確認した。

この種の変調素子では第2図に示すように位相制御電極が直接光導波路にかかるので光伝搬損失が増加するため、バッファ層23を設け光導波路と位相制御電極を分離していた。しかるに従来 P L Z T 系の材料は現在主に用いられている  $\text{LiNbO}_3$  単結晶より電気光学効率が大きいことが知られていたが、誘電率が大きく、したがってバッファ層は通常低誘電率材料であるため、電界が光導波路に十分に印加されず、変調には位相制御電極に高電圧を印加しなければならないと信じられていた。この場合、例えば誘電率  $2000$  の膜厚  $0.36\mu\text{m}$  の P L Z T 系薄膜上に誘電率  $20$  の膜厚

$0.2\mu\text{m}$  の酸化タンタル層を設け、ギャップ幅  $5\sim 20\mu\text{m}$  の位相制御電極を設けると、光導波路には  $10\sim 50\%$  程度しか電圧が印加されないと考えられていたけれども、本発明にかかる変調素子では予想外に  $50\sim 80\%$  以上の電圧が実効的に印加されていることを発見し、実用上有効であることを確認した。

発明者ら、この種の構成のにおいて構成材料をさらに詳細に調べた結果、新規な構成材料を発見し、これらの発見に基づいてさらに有効な変調素子を発明した。

すなわち、第2図に示すように、基板21をサファイヤC面(0001)基板で構成すると、(111)面の P L Z T 系薄膜がイオン衝撃蒸着法例えばマグネトロンスパッタ法で成長することを見出した。また、半導体薄膜、例えば Si、GaAs の (111) 面もこの (0001) 面に例えば気相成長法によりエピタキシャル成長することを確認した。これらの半導体薄膜は通常の半導体プロセスにより、例えば p-n あるいは p-i

n 構造を形成し、例えば光検出素子を形成できるので、変調素子と光検出素子とを一体化可能である。

さらに発明者らは、上記イオン衝撃蒸着法を用いて P L Z T 系薄膜を形成すると、電気光学効果の大きい組成領域の存在することを発見し、この発見に基づきさらに有効な変調素子を発明した。すなわち、発明者らはスパッタ用ターゲットの組成として、Pb および Ti のモル比率  $\text{Pb}/\text{Ti}$  が  $0.65 < \text{Pb}/\text{Ti} < 0.90$  の範囲において電気化学効果の大きいことを見出した。第3図において  $\text{Pb}/\text{Ti}$  の比率を変えたときの電気光学効果の実測値を示す。同図において、曲線31は P L Z T 系薄膜の  $2\text{KV/mm}$  の電界印加時の電気光学効果の  $\text{Pb}/\text{Ti}$  モル比率依存性を示す。この曲線との比較のため曲線32に  $\text{LiNbO}_3$  単結晶の特性を示す。同図から、 $\text{Pb}/\text{Ti}$  モル比率が、 $0.65 < \text{Pb}/\text{Ti} < 0.90$  の範囲では  $\text{LiNbO}_3$  よりも大きい電気光学効果が得られ、本発明の光変調素子における変調の半波長電圧は  $2\text{KV/mm}$  のバイアス電圧印加時

において同一寸法の Ti 拡散型  $\text{LiNbO}_3$  光導波路からなる光変調素子の約  $\frac{1}{2}$  になることを確認した。

#### 実施例1

第2図に示すごとく基板21として表面研磨されたサファイヤ( $\alpha$ -アルミナ)C面基板(0001)を用い、上記サファイヤC面基板21上に高周波マグネトロンスパッタにより、厚さ  $0.4\mu\text{m}$  の P L Z T 系薄膜22を蒸着した。この場合ターゲットの組成は、P L Z T (28/0/100)、スパッタ中のサファイヤ基板の温度は  $680^\circ\text{C}$ 、スパッタ電力は  $200\text{W}$  である。蒸着された P L Z T 系薄膜22の組成は (111) 面の単結晶であり、屈折率は He-Ne レーザ(波長  $0.6328\mu\text{m}$ ) で  $2.6$  であった。次に、この P L Z T 系薄膜の表面を例えば光導波路幅  $20\mu\text{m}$  で第1図に示す構成にフォトリソでマスクングして、上記 P L Z T 系薄膜22をイオンビームにより例えば  $65\text{nm}$  だけエッチングしてリッジ部221を形成した。光導波路解析で一般に用いられている実効屈折率は、リッジ部すなわち高誘電率領域221において

低膜厚領域よりも大きいので、光は高膜厚領域に閉じ込められ、高膜厚領域が光導波路として用いられることができる。次に、これらの薄膜上の少なくとも位相制御電極と光導波路との間に、 $Ta_2O_5$  膜をマグネトロンスパッタ法によりバッファ層 23 として蒸着した。蒸着された  $Ta_2O_5$  膜は非結晶であり、屈折率は He-Ne レーザ（波長 0.6328  $\mu m$ ）で 2.1 であった。次に位相制御電極 12 を蒸着 48 で形成し、第 1 図に示す光変調素子を構成した。

上記の構成において、電圧を一方の光導波路たとえば導波路 113 のみ印加したときの光強度変調の測定結果を第 4 図に示す。同図において、曲線 41 は光強度の電圧による変化を示し、60V のバイアス電圧印加時において、強度変調の半波長電圧は 10V であった。これは同一寸法の素子で構成された Ti 拡散型  $LiNbO_3$  光導波路からなる従来の光変調素子の約 1/2 の値で、従来の  $LiNbO_3$  の性能を上回るものであり、従来の素子の形状を 1/2 以下に小型化することができた。

## 実施例 2

上記の実施例は、第 2 図に示す構成の光導波路を用いて述べたが、第 5 図の構成の光導波路でも同様の効果のあることを確認した。すなわち、同図において、PLZT 系薄膜 22 の表面に屈折率が PLZT 系薄膜の屈折率より小さい材料すなわちロード層 51 を装荷することにより層 51 の直下の薄膜 22 の一部を光導波路とすることができる。この場合、たとえばロード層 51 に酸化タンタルをスパッタ法で形成し、パターン加工により導波路を形成することにより、本発明の光変調器を構成しても同様の効果の得られることを確認した。

## 発明の効果

以上のように本発明でかかる光変調器においては、従来の Ti 拡散型光導波路において形成のできなかった光検出素子を一体化でき、更に微小光学素子も容易に形成できる。したがって、光 IC の集積化が容易となり、その工業的価値は高い。

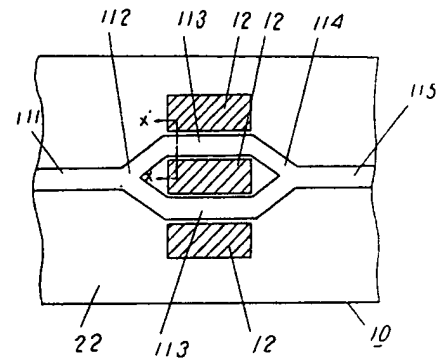
## 4. 図面の簡単な説明

第 1 図は本発明にかかる光変調素子の要部平面図、第 2 図は第 1 図の X-X' 線部分の要部断面図、第 3 図は本発明における PLZT 系薄膜の 2KV/mm の電圧印加時における複屈折率変化を示す図、第 4 図は本発明の実施例における光変調素子の光強度の電圧依存性を示す図、第 5 図は本発明にかかる他の実施例における光導波路の要部断面図である。

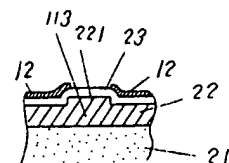
10……光変調素子、11……光導波路、111……入力光導波路、112、114……Y 分岐、113……制御光導波路、115……出力光導波路、12……制御電極、21……基板、22……PLZT 系薄膜、221……リッジ部、23……バッファ層、31……PLZT 系薄膜の組成対 2KV/mm の電圧印加時の複屈折率変化を示す曲線、32…… $LiNbO_3$  の 2KV/mm の電圧印加時の複屈折率変化を示す直線、41……実施例にかかる光強度対印加電圧を示す曲線、51……ロード層。

代理人の氏名 井理士 中 尾 敏 男 ほか 1 名

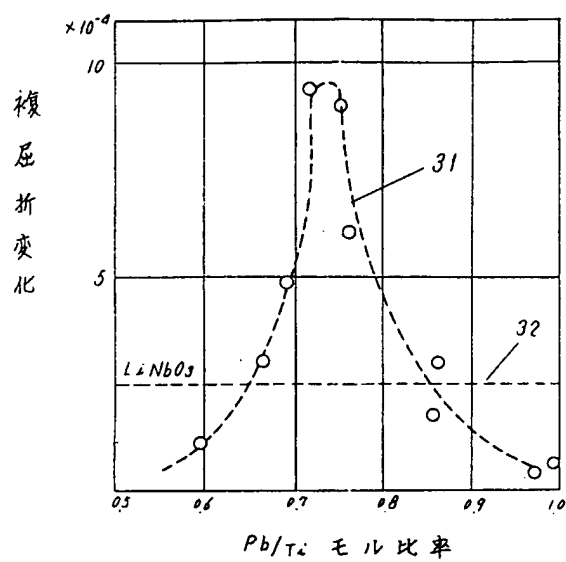
第 1 図



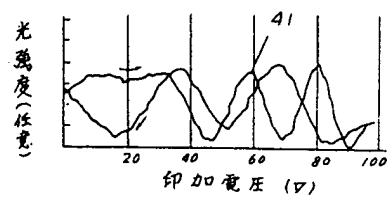
第 2 図



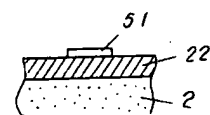
第 3 図



第 4 図



第 5 図



(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 59147322 A

(43) Date of publication of application: 23 . 08 . 84

(51) Int. Cl

G02F 1/03

(21) Application number: 58020612

(22) Date of filing: 10 . 02 . 83

(71) Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(72) Inventor: KAWAGUCHI TAKAO  
ADACHI HIDEAKI  
SETSUNE KENTARO  
OCHI KENZO  
WASA SHIYOKOU

(54) OPTICAL MODULATING ELEMENT

COPYRIGHT: (C)1984,JPO&Japio

(57) Abstract:

PURPOSE: To constitute a photodetecting element in one body and to form an extremely small optical element easily by composing a light guide of a ridge part consisting of the projection part of a PLZT thin film provided on the surface of a substrate.

CONSTITUTION: The optical modulating element branches at least one input light guide 111 into two control light guides 113 by a Y type branch 112 and holds those two control light guides 113 in parallel at a specific interval. Then, the optical modulating element 10 is provided with a light guide 11 which connects the two light guides to one output light guide 115 at the other-side terminals by a Y type branch 114 and a phase control electrode 12 provided to at least one control light guide 113, and the ridge part 221 consisting of the projection part is provided on the surface of the PLZT thin film 22 having the light guides on the substrate 21. Consequently, the photodetecting element is constituted in one body and the extremely small optical element is formed easily.

